

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application : JEAN-MICHEL LARRIEU, ET AL.  
Application No. :  
Filed : Herewith  
For : AN ACTIVE COOLING PANEL OF THERMOSTRUCTURAL  
COMPOSITE MATERIAL AND METHOD FOR ITS MANUFACTURE  
Attorney's Docket : BDL-446XX

TC Art Unit:

\*\*\*\*\*

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to: Mail Stop Patent Application, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on \_\_\_\_\_.

By \_\_\_\_\_

Charles L. Gagnebin III  
Registration No. 25,467  
Attorney for Applicant(s)

\*\*\*\*\*

PRIORITY CLAIM UNDER RULE 55

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date in France of a patent application corresponding to the above-identified application is hereby claimed under Rule 55 and 35 U.S.C. 119 in accordance with the Paris Convention for the Protection of Industrial Property. This benefit is claimed based upon a corresponding French patent application bearing serial no. 03 01041 filed January 30, 2003; a certified copy of which is attached hereto.

Respectfully submitted,

JEAN-MICHEL LARRIEU, ET AL.

By \_\_\_\_\_

Charles L. Gagnebin III  
Registration No. 25,467  
Attorney for Applicant(s)

WEINGARTEN, SCHURGIN,  
GAGNEBIN & LEOVICI LLP  
Ten Post Office Square  
Boston, Massachusetts 02109  
Telephone: (617) 542-2290  
Telecopier: (617) 451-0313

Date: 1-27-4

CLG/mc/301128-1  
Enclosure

Express Mail Number

EV 044750665 US

THIS PAGE BLANK



# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

08 DEC. 2003

Fait à Paris, le \_\_\_\_\_

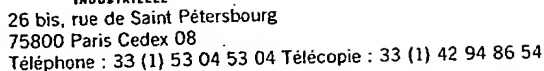
Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**BREVET D'INVENTION**  
**CERTIFICAT D'UTILITÉ**

**cerfa**  
N° 11354\*02

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**  
**page 1/2**

BR1

DB 540 W / 010801

|   |                      |   |  |
|---|----------------------|---|--|
| RÉSERVÉ À L'INPI  |                      | 1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE<br>À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE  |  |
| REMISE DES PIÈCES<br>DATE<br>LIEU<br>N° D'ENREGISTREMENT<br>NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI<br>DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE<br>PAR L'INPI |                      | 30 JAN 2003<br>75 INPI PARIS<br>0301041<br>30 JAN 2003  |  |
| Vos références pour ce dossier<br>(facultatif)  |                      | H272700/657.OB  |  |
| Confirmation d'un dépôt par télécopie   |                      | <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie  |  |
| 2 NATURE DE LA DEMANDE  |                      | Cochez l'une des 4 cases suivantes  |  |
| Demande de brevet   |                      | <input checked="" type="checkbox"/>   |  |
| Demande de certificat d'utilité   |                      | <input type="checkbox"/>  |  |
| Demande divisionnaire   |                      | <input type="checkbox"/>  |  |
| Demande de brevet initiale  |                      | N° _____ Date _____   |  |
| ou demande de certificat d'utilité initiale   |                      | N° _____ Date _____   |  |
| Transformation d'une demande de brevet européen   |                      | <input type="checkbox"/>  |  |
| Demande de brevet initiale  |                      | N° _____ Date _____   |  |
| 3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)  |                      |   |  |
| "Panneau de refroidissement actif en matériau composite thermostuctural et procédé pour sa fabrication"                           |                      |   |  |
| 4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ<br>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE<br>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE<br>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE                  |                      | Pays ou organisation _____ N° _____<br>Date _____<br>Pays ou organisation _____ N° _____<br>Date _____<br>Pays ou organisation _____ N° _____<br><input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite» |  |
| 5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)  |                      | <input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique  |  |
| Nom ou dénomination sociale   |                      | SNECMA PROPULSION SOLIDE  |  |
| Prénoms   |                      |   |  |
| Forme juridique   |                      | Société Anonyme   |  |
| N° SIREN  |                      | _____   |  |
| Code APE-NAF  |                      | _____   |  |
| Domicile ou siège   | Rue                  | Les Cinq Chemins  |  |
|   | Code postal et ville | 33187 LE HAILLAN  |  |
|   | Pays                 | FRANCE  |  |
| Nationalité   |                      | Française   |  |
| N° de téléphone (facultatif)  |                      | N° de télécopie (facultatif)  |  |
| Adresse électronique (facultatif)   |                      | <input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»   |  |

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page

|  |                      |  |  |
|--|----------------------|--|--|
| REMISE DES PIÈCES<br>DATE<br>LIEU <b>30 JAN 2003</b><br>N° D'ENREGISTREMENT<br>NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>0301041</b> |                      | Réservé à l'INPI   |  |
| <b>Vos références pour ce dossier :</b><br>(facultatif)  |                      | H272700/657.OB   |  |
| <b>6 MANDATAIRE</b>  |                      |  |  |
| Nom  |                      |  |  |
| Prénom   |                      |  |  |
| Cabinet ou Société   |                      | <b>CABINET BEAU DE LOMENTIE</b>  |  |
| N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel  |                      |  |  |
| Adresse  | Rue                  | <b>158, rue de l'Université</b>  |  |
|  | Code postal et ville | <b>75 013 PARIS CEDEX 07</b>   |  |
| N° de téléphone (facultatif)   |                      | <b>01.44.18.89.00</b>  |  |
| N° de télécopie (facultatif)   |                      | <b>01.44.18.04.23</b>  |  |
| Adresse électronique (facultatif)  |                      |  |  |
| <b>7 INVENTEUR (S)</b>   |                      |  |  |
| Les inventeurs sont les demandeurs   |                      | <input type="checkbox"/> Oui<br><input checked="" type="checkbox"/> Non <b>Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée</b>  |  |
| <b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>  |                      | Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)   |  |
| Établissement immédiat ou établissement différé  |                      | <input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat<br><input type="checkbox"/> Établissement différé   |  |
| Paiement échelonné de la redevance   |                      | <b>Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques</b><br><input type="checkbox"/> Oui<br><input type="checkbox"/> Non  |  |
| <b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>  |                      | Uniquement pour les personnes physiques<br><input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition)<br><input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence): |  |
| Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes  |                      |  |  |
| <b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b><br>(Nom et qualité du signataire)  |                      | <b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>  |  |
| Jean-Jacques JOLY CPI N° 92.1123   |                      | M. ROCHET  |  |

## 5 Arrière-plan de l'invention

La présente invention concerne un panneau de refroidissement actif en matériau composite thermostuctural.

Par panneau de refroidissement actif, on entend ici un panneau parcouru par un fluide de refroidissement apte à prélever les calories  
10 reçues par exposition du panneau à température ou flux thermique élevés.

Par matériau composite thermostuctural, on entend ici un matériau composite ayant des propriétés mécaniques qui le rendent apte à constituer des éléments de structure et ayant la capacité de conserver ces propriétés mécaniques à température élevée. Les matériaux  
15 composites thermostucturaux sont typiquement les matériaux composites de type carbone/carbone (C/C) comprenant une structure de renfort en fibres de carbone densifiée par une matrice en carbone, et les matériaux composites à matrice céramique (CMC) comprenant une structure de renfort en fibres réfractaires (notamment fibres de carbone ou de  
20 céramique) densifiée par une matrice céramique.

L'invention trouve notamment des applications pour des parois de chambre de combustion de moteurs aéronautiques qui sont parcourues par un fluide de refroidissement, lequel peut être le carburant injecté dans la chambre, ou des parois de divergents de moteurs-fusées qui sont  
25 refroidies par fluide, lequel peut être un ergol injecté dans la chambre de combustion des moteurs-fusées ou encore des parois de chambre de confinement de plasma dans des réacteurs de fusion nucléaire. Dans ces applications, le panneau fonctionne comme échangeur thermique entre sa face exposée à des températures ou flux thermiques élevés et le fluide qui  
30 le parcourt.

L'utilisation, pour de telles parois d'échangeurs thermiques, de panneaux de refroidissement actif en matériau composite thermostuctural permet d'étendre le fonctionnement des systèmes comprenant ces échangeurs vers des températures plus élevées et/ou d'augmenter la  
35 durabilité de ces systèmes. Or, l'augmentation de la température de fonctionnement peut permettre une augmentation des performances,

notamment du rendement pour des chambres de combustion ou tuyères de moteurs aéronautiques ou spatiaux, ainsi qu'une réduction des émissions polluantes pour les moteurs aéronautiques.

La réalisation d'une pièce en matériau composite  
5 thermostructural comprend généralement l'élaboration d'une préforme fibreuse poreuse ayant une forme voisine de celle de la pièce à réaliser et la densification de la préforme.

La densification peut être réalisée par voie liquide ou par voie gazeuse. La densification par voie liquide consiste à imprégner la préforme  
10 par un liquide précurseur du matériau de la matrice, lequel précurseur est généralement une résine, et à transformer le précurseur, habituellement par traitement thermique. La voie gazeuse, ou infiltration chimique en phase vapeur consiste à placer la préforme dans une enceinte et à admettre dans l'enceinte une phase gazeuse réactionnelle qui, dans des  
15 conditions de pression et température déterminées, diffuse au sein de la porosité de la préforme et y forme un dépôt solide par décomposition d'un ou plusieurs constituants de la phase gazeuse ou réaction entre plusieurs constituants. Les deux procédés, voie liquide et infiltration chimique en phase vapeur, sont bien connus et peuvent être associés, par exemple en  
20 réalisant une prédensification ou consolidation de la préforme par voie liquide suivie d'une infiltration chimique en phase vapeur.

Quel que soit le procédé de densification utilisé, les matériaux composites thermostrostructuraux présentent une porosité résiduelle de sorte qu'ils ne peuvent être utilisés seuls pour former des panneaux de  
25 refroidissement avec passages internes parcourus par un fluide, les parois de tels passages n'étant pas étanches.

Pour surmonter cette difficulté et pouvoir combiner refroidissement actif par fluide circulant et utilisation de matériaux réfractaires poreux, plusieurs solutions ont été proposées.

30 Une première solution consiste à réaliser un panneau ayant une plaque avant en graphite, du côté exposé aux températures élevées, et une plaque arrière métallique, notamment en acier dans laquelle sont formés des canaux de circulation de fluide de refroidissement. Les deux plaques sont assemblées par brasage avec interposition de couches  
35 métalliques permettant une adaptation entre les coefficients de dilatation thermique différents de l'acier et du graphite. La présence de métal massif



est pénalisante en terme de masse du panneau de refroidissement. En outre, la longueur du chemin thermique, à travers la plaque de graphite et la plaque métallique limite la capacité de refroidissement au niveau de la surface exposée.

5 Une autre solution consiste à former des passages au sein d'un bloc de matériau composite thermostuctural et à rendre les parois de ces passages étanches par brasage d'une garniture métallique, par exemple en cuivre.

10 Encore une autre solution consiste à réaliser deux plaques en matériau composite thermostuctural, dont l'une présente des canaux usinés dans sa face destinée à être assemblée avec une face en regard de l'autre plaque, l'assemblage étant réalisé par brasage.

15 Ces deux dernières solutions sont satisfaisantes en termes de masse et de réduction du chemin thermique, mais des problèmes d'étanchéité peuvent survenir par fissuration de la garniture métallique ou de la brasure par suite d'expositions répétées à des températures très élevées et des surcontraintes induites par la géométrie des canaux.

#### Objet et résumé de l'invention

20 Selon un de ses aspects, l'invention a pour but de fournir un panneau de refroidissement actif en matériau composite thermostuctural présentant une étanchéité efficace et durable vis-à-vis d'un fluide circulant dans des passages internes du panneau.

25 Ce but est atteint grâce à un panneau du type comprenant une première et une deuxième pièce en matériau composite thermostuctural ayant chacune une face intérieure et une face extérieure opposées l'une à l'autre, les pièces étant assemblées l'une à l'autre par liaison entre elles de leurs faces intérieures, et des canaux étant formés par des reliefs pratiqués dans la face intérieure d'au moins l'une des première et  
30 deuxième pièces, lequel panneau comprend en outre, conformément à l'invention, une couche d'étanchéité liée à au moins l'une des première et deuxième pièces et située à distance des faces intérieures assemblées de celles-ci.

35 Un tel panneau est remarquable en ce que l'étanchéité n'est pas réalisée à l'interface entre les pièces, c'est-à-dire au niveau des parois

des canaux de circulation, mais à un autre niveau du panneau, à distance de cette interface.

5 Ainsi, l'intégrité de la couche d'étanchéité et sa liaison avec le matériau composite thermostuctural ne sont pas affectées par des surcontraintes telles que celles qui seraient rencontrées si la couche d'étanchéité devait épouser ou subir les reliefs des canaux à l'interface entre les pièces. En outre, il est possible alors de repousser la couche d'étanchéité à plus grande distance de la face du panneau exposée en service aux températures élevées et de réduire ainsi les contraintes thermomécaniques auxquelles la couche d'étanchéité est exposée.

10 Selon un mode de réalisation du panneau, une couche d'étanchéité est située au sein d'au moins l'une des première et deuxième pièces et sépare la pièce en deux parties entre sa face intérieure et sa face extérieure, les deux parties étant liées l'une à l'autre par la couche d'étanchéité.

15 Selon un autre mode de réalisation, une couche d'étanchéité revêt au moins l'une des faces extérieures de la première et de la deuxième pièce.

20 Avantageusement, la couche d'étanchéité est une couche métallique mince, par exemple en un métal choisi parmi le niobium, le nickel, le tantale, le molybdène, le tungstène et le rhénium.

Lorsque la couche d'étanchéité est formée au sein d'une pièce, on peut prévoir que la couche d'étanchéité et la partie située du côté extérieur de la pièce munie de la couche d'étanchéité font saillie sur le pourtour du panneau, afin notamment de faciliter la mise en place d'un joint d'étanchéité le long du pourtour du panneau.

25 De préférence, les canaux sont formés dans la face intérieure de la pièce dont la face extérieure constitue la face du panneau destinée à être exposée à des températures élevées lors de l'utilisation du panneau.

30 Le panneau peut être muni de nervures de raidissement qui font saillie à la face extérieure de la pièce située du côté opposé à celui destiné à être exposé à des températures élevées lors de l'utilisation du panneau.

35 Les faces intérieures de la première et de la deuxième pièce peuvent être liées par brasage.

En variante, ces faces intérieures peuvent être munies de revêtements métalliques liés directement l'un à l'autre.

Selon un autre aspect, l'invention a pour but de fournir un procédé de fabrication d'un panneau de refroidissement actif tel que défini  
5 ci-avant.

Ce but est atteint grâce à un procédé du type comprenant les étapes qui consistent à fournir une première et une deuxième pièce en matériau composite thermostuctural ayant chacune une face intérieure et une face extérieure opposée à la face intérieure, la face intérieure de l'une  
10 au moins des pièces présentant des reliefs en creux formant des canaux, et à assembler la première et la deuxième pièce par liaison des faces intérieures entre elles de manière à obtenir un panneau de refroidissement en matériau composite thermostuctural à canaux de circulation intégrés, procédé selon lequel, conformément à l'invention, on  
15 munit l'une au moins des première et deuxième pièces d'une couche d'étanchéité située à distance de la face intérieure de la pièce.

Selon un mode particulier de mise en oeuvre du procédé, on intègre une couche d'étanchéité au sein d'une au moins des première et deuxième pièces, entre la face intérieure et la face extérieure.

20 A cet effet, avantageusement, on réalise l'une au moins des première et deuxième pièces en deux parties distinctes et on assemble les deux parties avec interposition de la couche d'étanchéité.

Selon un autre mode de mise en oeuvre du procédé, on munit la face extérieure de l'une au moins des première et deuxième pièces  
25 d'une couche d'étanchéité.

Dans l'un ou l'autre cas, on peut utiliser, pour la couche d'étanchéité, un feuillard métallique, par exemple en un métal choisi parmi le niobium, le nickel, le tantale, le molybdène, le tungstène et le rhénium.

Le feuillard métallique peut être assemblé au matériau  
30 composite de la première ou deuxième pièce par pression à chaud, notamment par pressage isostatique à chaud.

Les faces intérieures de la première et de la deuxième pièce peuvent être assemblées par brasage.

En variante, on peut former au moins une couche de  
35 revêtement métallique sur les faces intérieures de la première et de la



deuxième pièce et on assemble lesdites faces intérieures par pression à chaud, notamment par pressage isostatique à chaud.

Avantageusement, avant assemblage des faces intérieures de la première et de la deuxième pièce, on réalise un traitement de réduction de la porosité de surface du matériau composite thermostuctural au niveau d'au moins l'une desdites faces intérieures des pièces.

Le traitement de réduction de porosité peut comprendre l'application à la surface d'au moins l'une desdites faces intérieures des pièces d'une suspension comprenant une poudre céramique et un précurseur de matériau céramique en solution et la transformation du précurseur en matériau céramique.

Le précurseur est typiquement un polymère qui est réticulé et transformé en céramique par traitement thermique.

Eventuellement, après transformation du précurseur en matériau céramique, on réalise un dépôt céramique par dépôt ou infiltration chimique en phase vapeur.

#### Brève description des dessins

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description faite ci-après, à titre indicatif mais non limitatif, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe transversale d'un mode de réalisation d'un panneau de refroidissement actif conforme à l'invention ;
- la figure 2 est une vue partielle en coupe selon le plan II-II de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue en coupe selon le plan III-III de la figure 2 ;
- les figures 4 à 8 illustrent des étapes successives de mise en oeuvre d'un procédé conforme à l'invention pour la fabrication d'un panneau du type de celui de la figure 1 ; et
- les figures 9 à 13 sont des vues en coupe transversales d'autres modes de réalisation d'un panneau de refroidissement actif conforme à l'invention.

### Description détaillée de modes de réalisation

Un premier mode de réalisation d'un panneau 10 de refroidissement actif est illustré par les figures 1 à 3.

Le panneau 10 comprend deux pièces 20 et 30 de forme générale parallélépipédique assemblées l'une à l'autre par leurs faces intérieures 21 et 31. Dans cet exemple, l'assemblage est réalisé par brasure 12. La pièce 20, dont la face extérieure 22, opposée à la face 21, définit la face avant du panneau destiné à être exposée à des températures élevées ou flux thermiques intenses, est en matériau composite thermostuctural. Des canaux 24 de circulation d'un fluide de refroidissement sont formés par des reliefs en creux pratiqués dans la face intérieure 21. Une pluralité de canaux 24 parallèles à deux côtés opposés du panneau 10 s'étendent entre deux collecteurs 40, 42 internes au panneau 10 et situés à proximité des deux autres côtés opposés de celui-ci.

La pièce 30 comprend deux parties 34, 36 en forme de plaques réalisées en matériau composite thermostuctural. Les parties 34, 36 sont assemblées par des faces en regard 35, 37 avec interposition d'une couche d'étanchéité 38. Les faces des parties 34, 36 opposées aux faces 35, 37 définissent la face intérieure 31 et la face extérieure opposée 32 de la pièce 30. La face 32 constitue la face arrière du panneau 10.

Les collecteurs 40, 42 sont formés par des ouvertures allongées, ou lumières, pratiquées dans la partie 34. Les collecteurs 40, 42 communiquent avec l'extérieur du panneau par l'intermédiaire de percages 41, 43 formés à travers la couche d'étanchéité 38 et la partie 36 et munis d'inserts métalliques 44, 46 permettant le raccordement du panneau avec un circuit de circulation de fluide et/ou avec un panneau adjacent par l'intermédiaire de raccord de liaison.

En variante, les canaux 24 pourraient avoir au moins une extrémité débouchant à une extrémité latérale de la pièce 20. Après formation du panneau de refroidissement, les extrémités débouchantes des canaux pourraient alors être reliées par des raccords soit à un collecteur extérieur du panneau, soit à des canaux similaires d'un panneau adjacent.

La pièce 20 et la pièce 30 (parties 34 et 36) sont en matériau composite thermostuctural C/C ou CMC. Pour des applications à

température très élevée, notamment en milieu oxydant, l'utilisation de CMC est préférée, typiquement des matériaux composites à renfort en fibres de carbure de silicium (SiC) ou de carbone et à matrice SiC ou à matrice comportant au moins une phase externe en SiC. Les canaux et collecteurs peuvent être formés par usinage.

Quel que soit le matériau composite thermostuctural utilisé, celui-ci présente une porosité résiduelle. La couche d'étanchéité 38 permet d'éviter une fuite du fluide parcourant les canaux 24 vers la face arrière 32 du panneau 10.

Dans l'exemple illustré par les figures 1 à 3, la pièce 20 n'est pas pourvue d'une couche d'étanchéité. Cela est acceptable lorsqu'il n'y a pas d'exigence forte d'étanchéité entre les canaux 24 et la face avant 22 du panneau 10. Il peut en être ainsi dans le cas d'un panneau de refroidissement actif pour paroi de chambre de combustion, lorsque le liquide de refroidissement utilisé est un carburant et qu'une fuite du côté de la chambre de combustion est tolérable dans une certaine mesure.

La couche d'étanchéité 38 est une couche métallique liée aux faces 35, 37 des parties 34, 36 de la pièce 30, par exemple une couche de niobium, nickel, tantale, molybdène, tungstène ou rhénium.

Un procédé de fabrication d'un panneau de refroidissement tel que celui des figures 1 à 3 sera maintenant décrit en référence aux figures 4 à 8.

Les pièces 20 et parties ou plaques 34, 36 de la pièce 30 sont réalisées séparément en matériau composite thermostuctural, notamment C/C ou CMC. Les évidements nécessaires à la formation des canaux 24 et des collecteurs sont formés par usinage dans la face intérieure 21 de la pièce 20 et dans la partie 34 de la pièce 30. On notera que les pièces 20 et parties 34, 36 pourraient être découpées dans un même bloc de matériau thermostuctural avant usinage des emplacements des canaux et collecteurs.

Les détails de la figure 4 montrent de façon très schématique la porosité superficielle du matériau composite thermostuctural.

Avantageusement, on procède à un traitement de réduction de la porosité de la face intérieure 21 de la pièce 20, dans laquelle sont formés les canaux 24, et de la face 31 de la partie 34, c'est-à-dire les faces qui sont destinées à être assemblées l'une à l'autre.

La réduction de porosité peut comporter l'application sur les faces 21 et 31 d'une suspension contenant des charges solides sous forme de poudre céramique et un précurseur de céramique en solution, et la transformation du précurseur en matériau céramique. Le précurseur peut  
5 être un polymère qui est réticulé puis transformé en céramique par traitement thermique. A titre d'exemple, on peut utiliser comme précurseur un polycarbosilane (PCS) ou polytitanocarbosilane (PTCS) précurseur de SiC, qui est mis en solution dans un solvant, par exemple le xylène. La poudre céramique contribue à assurer un comblement efficace  
10 de la porosité superficielle. On pourra utiliser une poudre de SiC par exemple.

La composition liquide peut être appliquée à la brosse ou par pistoletage, la quantité de solvant étant choisie pour permettre une application aisée et favoriser la pénétration de la composition liquide dans  
15 la porosité de surface.

Après application de la composition liquide et séchage par élimination du solvant, on procède à la réticulation du polymère précurseur puis à la transformation en céramique. Dans le cas par exemple du PCS, la réticulation peut être effectuée en élevant la  
20 température jusqu'à environ 350°C et la céramisation en élevant la température jusqu'à environ 900°C.

Après céramisation, on peut éventuellement procéder à un arasage de la surface de la pièce pour revenir à sa géométrie initiale.

Deux détails de la figure 5 illustrent très schématiquement le comblement de porosité obtenu par le matériau 51 comprenant le résidu de céramisation et la poudre de céramique.  
25

Avantageusement aussi, le comblement de porosité peut être complété par formation d'un dépôt de céramique, par exemple de SiC, par dépôt ou infiltration chimique en phase vapeur, ce qui permet d'obtenir un revêtement uniforme et continu 52 ancré sur le matériau composite  
30 thermostructural.

Le revêtement céramique 52 obtenu par dépôt ou infiltration chimique en phase vapeur (montré sur les détails de la figure 5) peut être formé non seulement sur les faces intérieures 21, 31, mais aussi sur les  
35 autres surfaces externes de la pièce 20, notamment la face extérieure 22, et sur les autres surfaces externes de la partie 34.

On notera que le processus de comblement de porosité par dépôt d'une suspension contenant une poudre céramique et un polymère précurseur de céramique, transformation du précurseur en céramique, arasage puis formation d'un revêtement céramique par infiltration chimique en phase vapeur est décrit dans la demande de brevet au nom de la présente déposante intitulée "Procédé pour le traitement de surface d'une pièce en matériau composite thermostuctural et application au brasage de pièces en matériau composite thermostuctural".

L'étape suivante du procédé consiste à interposer entre les parties 34, 36 une couche d'étanchéité après avoir éventuellement usiné les faces 35, 37 des parties 34, 36 pour remettre à nu le matériau composite. La couche d'étanchéité est formée avantageusement par un feuillard métallique 38 (figure 6), par exemple en un métal choisi parmi le niobium, le nickel, le tantale, le molybdène, le tungstène et le rhénium. L'épaisseur du feuillard 38 est comprise typiquement entre 0,05 mm et 0,3 mm.

La liaison des parties 34, 36 entre elles et avec le feuillard 38 est réalisée par pression à chaud.

On pourra utiliser des procédés connus tels que le procédé d'assemblage par pressage isostatique à chaud (ou HIP pour "Hot Isostatic Pressing") ou le procédé de pressage à chaud à la presse.

La liaison par pressage isostatique à chaud est réalisée en plaçant les éléments à assembler les uns contre les autres dans une enceinte tout en encapsulant les pièces dans une enveloppe étanche 45 (figure 7). La température et la pression sont ensuite élevées de façon sensiblement uniforme dans l'enceinte. La liaison est réalisée par diffusion du métal du feuillard 38 dans la porosité superficielle des faces 35, 37. L'enveloppe étanche 45 encapsulant les pièces est par exemple constituée par un film métallique tel qu'un film de niobium, ou encore de nickel, de fer ou d'un alliage de ceux-ci. Des éléments d'outillage tels que des plaques de graphite 46, 47 peuvent être interposés entre le film métallique et des surfaces extérieures des parties 34, 36 pour éviter l'incrustation de métal du film 45 dans ces surfaces par suite du pressage isostatique à chaud, lorsque la présence de ce métal sur ces surfaces est indésirable. Il peut en être ainsi notamment pour la face 31 selon le procédé utilisé pour la liaison ultérieure avec la face 21 de la pièce 20.



La liaison par pressage à la presse consiste à élever la température des éléments à assembler et à appliquer ceux-ci les uns contre les autres par pression exercée sur les faces 31, 32 dans une presse.

5            La pression utilisée pour la liaison par pression à chaud est comprise par exemple entre 80 MPa et 120 MPa. La température est fonction de la nature de la couche d'étanchéité métallique servant à la liaison entre les pièces. Elle est sensiblement inférieure à la température de fusion du métal de cette couche métallique, généralement comprise  
10           entre 60 % et 80 % de cette température de fusion.

Dans le cas où la couche métallique d'étanchéité est en niobium, la température est plus particulièrement choisie entre 900°C et 1200°C tant pour la liaison par pression isostatique à chaud que pour la liaison par pressage à la presse.

15           La pièce 30 ayant été réalisée, elle est assemblée à la pièce 20 par exemple par brasage. A cet effet, une couche de brasure 48 est interposée entre les faces 21, 31 à porosité réduite (figure 8).

Le brasage de pièces en matériau composite thermostuctural est connu en soi. On pourra par exemple utiliser une brasure à base de  
20           silicium du type de celles décrites dans les demandes de brevets français publiés sous les n° 2 748 471 et 2 749 787. D'autres compositions de brasure sont utilisables, notamment d'autres brasures à base de silicium ou des brasures à base titane telle que celle commercialisée sous la dénomination TiCuSil® par Wesgo Metals, Division de la Société des  
25           Etats-Unis d'Amérique Morgan Advanced Ceramics.

En variante, la liaison entre les pièces 20 et 30 peut être réalisée par pression à chaud.

A cet effet, les surfaces 21 et 31 sont préalablement munies de revêtements métalliques qui, outre la réalisation de la liaison par pression  
30           à chaud, peuvent avoir une fonction d'étanchéité.

A titre d'exemple, chaque face 21, 31 est munie d'une première couche d'un métal ayant avantageusement une fonction de barrière de réaction chimique vis-à-vis du matériau sous-jacent et/ou une fonction d'adaptation et une deuxième couche métallique ayant une capacité de  
35           liaison par pression à chaud.

La deuxième couche peut être en un métal choisi parmi le nickel, le cuivre, le fer ou un alliage d'au moins un de ceux-ci. Le nickel (Ni) ou un alliage de nickel présentent les avantages d'une bonne conductivité thermique, d'une bonne capacité de liaison par pression à chaud et d'une température de fusion élevée évitant un passage à l'état liquide lors de la liaison par pression à chaud.

La première couche peut être en un métal choisi parmi le rhénium, le molybdène, le tungstène et le tantale. Dans le cas d'un matériau composite thermostuctural à matrice SiC et renfort fibreux en carbone ou SiC et/ou lorsqu'un revêtement de SiC a été formé préalablement, le rhénium présente l'avantage de n'être pas réactif avec SiC. Il présente en outre une bonne conductibilité et a une température de fusion élevée évitant qu'un passage à l'état liquide ne se produise lors de la liaison ultérieure sous pression à chaud. Le rhénium a en outre un coefficient de dilatation intermédiaire entre SiC et Ni et constitue donc de plus une couche d'adaptation mécanique lorsque la deuxième couche métallique est constituée au moins en partie par Ni.

Les dépôts de la première et de la deuxième couche métallique sont réalisés successivement. On pourra utiliser des procédés de dépôts connus du type dépôt physique en phase vapeur ou projection par plasma.

Avant liaison des pièces par pression à chaud, un feuillard métallique peut être interposé entre les faces intérieures en regard des pièces, lequel feuillard métallique est de préférence choisi dans le même matériau que la deuxième couche métallique du revêtement métallique formé sur les surfaces intérieures 21, 31.

La liaison des pièces 20, 30 entre elles, après insertion éventuelle du feuillard est réalisée par pression à chaud.

On pourra utiliser le procédé d'assemblage par pressage isostatique à chaud ou le procédé de pressage à la presse tels que décrits plus haut.

Dans le cas d'une liaison des pièces 20 et 30 par pression à chaud, on pourra réaliser simultanément cette liaison avec celle des parties 34, 36 avec la couche d'étanchéité 38, après réalisation des revêtements métalliques sur les faces intérieures 21 et 31.

Les figures 9 à 13 illustrent différents autres modes de réalisation d'un panneau de refroidissement actif conforme à l'invention.

Ainsi, le panneau de la figure 9 se distingue de celui des figures 1 à 3 en ce que la partie 36 de la pièce 30 et la couche d'étanchéité 38 font saillie sur le pourtour du panneau.

Le panneau peut alors être logé dans un cadre 54 comprenant une base 55 de laquelle fait saillie un rebord 56. Un joint d'étanchéité 58 est disposé dans l'espace défini par la base 55, le pourtour du panneau 30 au niveau de la pièce 20 et de la partie 34, la partie 36 et la couche 38 faisant saillie et le rebord 56. Le joint 58 permet de contenir des fuites de fluide de refroidissement au niveau du pourtour du panneau.

Le panneau de la figure 10 se distingue de celui des figures 1 à 3 en ce que la pièce 30 est munie de raidisseurs 60. Ceux-ci sont sous forme de nervures de raidissement faisant saillie à la face extérieure 32 de la partie 36 de la pièce 30.

Les nervures 60 peuvent être réalisées en une seule pièce avec la partie 36.

Les nervures 60 confèrent au panneau une tenue améliorée aux efforts subis, évitant des déformations pouvant être dommageables vis-à-vis des liaisons entre les parties 34, 36 de la pièce 30 et entre les pièces 20 et 30.

Le panneau de la figure 11 se distingue de celui des figures 1 à 3 en ce que non seulement la pièce 30, mais également la pièce 20 est munie d'une couche d'étanchéité 62 intégrée au sein de la pièce 20 à distance de l'interface entre les pièces 20 et 30.

La couche 62 peut être de même nature et être mise en place de la même façon que la couche d'étanchéité 38, la pièce 20 étant alors également réalisée par assemblage de deux parties distinctes avec interposition de la couche 62.

Le panneau de la figure 12 se distingue de celui des figures 1 à 3 en ce que la pièce 30 est en une seule partie en matériau composite thermostuctural et la couche d'étanchéité 64 est disposée à la face extérieure 32 de la pièce 30, et non au sein de celle-ci.

La couche 64 peut être de même nature que la couche d'étanchéité 38 et être assemblée à la pièce 30 également par pression à chaud.

Comme montré par la figure 13, la pièce 20 d'un panneau tel que celui de la figure 12 peut aussi être munie d'une couche d'étanchéité 66 assemblée à sa face extérieure 22.

5 Les panneaux des figures 12 et 13 sont d'une réalisation plus aisée que ceux des autres figures. Toutefois, l'intégration de la couche d'étanchéité au sein d'une pièce, entre deux parties en matériau composite thermostructural permet une protection de cette couche d'étanchéité contre l'oxydation par la présence du matériau composite. En outre, la disposition de la couche d'étanchéité à la face extérieure d'une  
10 pièce peut rendre nécessaire une mise en forme de celle-ci en raison de la présence possible de raidisseurs ou d'interfaces avec l'extérieur du panneau.

On pourrait bien entendu prévoir, dans un même panneau, une couche d'étanchéité disposée sur une face extérieure d'une des deux  
15 pièces du panneau et une couche d'étanchéité disposée au sein de l'autre pièce.

On pourrait aussi disposer les panneaux des modes de réalisation des figures 10 et 11 dans un cadre, comme dans le mode de réalisation de la figure 9.

20

#### Exemple

Une pièce 20 et des parties 34, 36 telles que celles du mode de réalisation des figures 1 à 3 ont été réalisées en matériau composite thermostructural C/SiC, les canaux et collecteurs étant formés par  
25 usinage.

Une réduction de porosité des surfaces internes 21, 31 a été effectuée par application sur celles-ci, à la brosse, d'une composition contenant une poudre de SiC de granulométrie moyenne égale à environ 9 microns dans une solution de polycarbosilane (PCS) dans du xylène.  
30 Après séchage à l'air, on a procédé à une étape de réticulation du PCS à environ 350°C puis à sa transformation en SiC par élévation de la température jusqu'à environ 900°C. Un mince revêtement de SiC, d'épaisseur environ égale à 100 microns a été ensuite déposé par infiltration chimique en phase vapeur, ce revêtement étant alors formé sur  
35 toute la surface extérieure de la pièce 20 et de la partie 34, non seulement au niveau des faces internes 21, 31. En combinaison avec le

résidu de céramisation du PCS associé à la poudre SiC, le revêtement SiC contribue à assurer une réduction efficace de porosité.

5 Les faces 35, 37 des parties 34, 36 ont été usinées afin de remettre à nu le matériau composite pour présenter des porosités ouvertes favorisant un accrochage mécanique avec le feuillard mis en place ensuite entre ces faces. Un feuillard de niobium de 0,1 mm d'épaisseur a été interposé entre les faces 35, 37 et l'ensemble a été ensuite assemblé par pressage isostatique à chaud. A cet effet, les éléments 34, 38, 37 ont été encapsulés dans un feuillard de niobium  
10 d'épaisseur égale à 0,5 mm avec interposition de plaques en graphite entre les surfaces externes de l'ensemble des éléments et le feuillard de niobium.

Le pressage isostatique à chaud a été réalisé sous une pression d'environ 90 MPa et à une température d'environ 1 000°C.

15 La pièce 30 ainsi obtenue a été assemblée à la pièce 20 par brasage au moyen d'une brasure à base de silicium.

### REVENDEICATIONS

1. Panneau de refroidissement actif comprenant une première et une deuxième pièce en matériau composite thermostructural ayant  
5 chacune une face intérieure et une face extérieure opposées l'une à l'autre, les pièces étant assemblées l'une à l'autre par liaison entre elles de leurs faces intérieures, et des canaux étant formés par des reliefs pratiqués dans la face intérieure d'au moins l'une des première et deuxième pièces,

10 caractérisé en ce qu'il comprend en outre une couche d'étanchéité liée à au moins l'une des première et deuxième pièces et située à distance des faces intérieures assemblées de celles-ci.

2. Panneau selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une couche d'étanchéité est située au sein d'au moins l'une des première et  
15 deuxième pièces et sépare la pièce en deux parties entre sa face intérieure et sa face extérieure, les deux parties étant liées l'une à l'autre par la couche d'étanchéité.

3. Panneau selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une couche d'étanchéité revêt au moins l'une des faces extérieures de la  
20 première et de la deuxième pièce.

4. Panneau selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la couche d'étanchéité est une couche métallique mince.

5. Panneau selon la revendication 4, caractérisé en ce que la  
25 couche d'étanchéité est en un métal choisi parmi le niobium, le nickel, le tantale, le molybdène, le tungstène et le rhénium.

6. Panneau selon l'une quelconque des revendications 2, 4 et 5, caractérisé en ce que la couche d'étanchéité et la partie située du côté extérieur de la pièce munie de la couche d'étanchéité font saillie sur le  
30 pourtour du panneau.

7. Panneau selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les canaux sont formés dans la face intérieure de la pièce dont la face extérieure constitue la face du panneau destinée à être exposée à des températures élevées lors de l'utilisation du panneau.

35 8. Panneau selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que des nervures de raidissement font saillie à la face

REVENDEICATIONS

1. Panneau de refroidissement actif (10) comprenant une première et une deuxième pièce (20, 30) en matériau composite thermostructural ayant chacune une face intérieure et une face extérieure (21, 31) opposées l'une à l'autre, les pièces étant assemblées l'une à l'autre par liaison entre elles de leurs faces intérieures (21, 31), et des canaux (24) étant formés par des reliefs pratiqués dans la face intérieure d'au moins l'une des première et deuxième pièces,
- 10 caractérisé en ce qu'il comprend en outre une couche d'étanchéité (38 ; 62 ; 64 ; 66) liée à au moins l'une des première et deuxième pièces et située à distance des faces intérieures assemblées de celles-ci.
2. Panneau selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une
- 15 couche d'étanchéité (38 ; 62) est située au sein d'au moins l'une des première et deuxième pièces (30 ; 20) et sépare la pièce en deux parties entre sa face intérieure et sa face extérieure, les deux parties étant liées l'une à l'autre par la couche d'étanchéité.
3. Panneau selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une
- 20 couche d'étanchéité (64 ; 66) revêt au moins l'une des faces extérieures de la première et de la deuxième pièce.
4. Panneau selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la couche d'étanchéité (38 ; 62 ; 64 ; 66) est une couche métallique mince.
- 25 5. Panneau selon la revendication 4, caractérisé en ce que la couche d'étanchéité (38 ; 62 ; 64 ; 66) est en un métal choisi parmi le niobium, le nickel, le tantale, le molybdène, le tungstène et le rhénium.
6. Panneau selon l'une quelconque des revendications 2, 4 et 5, caractérisé en ce que la couche d'étanchéité (38) et la partie située du
- 30 côté extérieur de la pièce (30) munie de la couche d'étanchéité font saillie sur le pourtour du panneau (10).
7. Panneau selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les canaux (24) sont formés dans la face intérieure de la pièce (20) dont la face extérieure constitue la face du panneau destinée à être exposée à des températures élevées lors de l'utilisation du
- 35 panneau (10).

extérieure de la pièce située du côté opposé à celui destiné à être exposé à des températures élevées lors de l'utilisation du panneau.

9. Panneau selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les faces intérieures de la première et de la  
5 deuxième pièce sont liées par brasage.

10. Panneau selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les faces intérieures de la première et de la deuxième pièce sont munies de revêtements métalliques liés directement l'un à l'autre.

10 11. Procédé de fabrication d'un panneau de refroidissement actif comprenant les étapes qui consistent à fournir une première et une deuxième pièce en matériau composite thermostuctural ayant chacune une face intérieure et une face extérieure opposée à la face intérieure, la face intérieure de l'une au moins des pièces présentant des reliefs en  
15 creux formant des canaux, et à assembler la première et la deuxième pièce par liaison des faces intérieures entre elles de manière à obtenir un panneau de refroidissement en matériau composite thermostuctural à canaux de circulation intégrés, caractérisé en ce que l'on munit l'une au moins des première et deuxième pièces d'une couche d'étanchéité située à  
20 distance de la face intérieure de la pièce.

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que l'on intègre une couche d'étanchéité au sein d'une au moins des première et deuxième pièces, entre la face intérieure et la face extérieure.

13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que  
25 l'on réalise l'une au moins des première et deuxième pièces en deux parties distinctes et on assemble les deux parties avec interposition de la couche d'étanchéité.

14. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que l'on munit la face extérieure de l'une au moins des première et deuxième  
30 pièces d'une couche d'étanchéité.

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, caractérisé en ce que l'on utilise, pour la couche d'étanchéité, un feuillard métallique.

16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que  
35 l'on utilise un feuillard en un métal choisi parmi le niobium, le nickel, le tantale, le molybdène, le tungstène et le rhénium.



8. Panneau selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que des nervures de raidissement (60) font saillie à la face extérieure de la pièce (30) située du côté opposé à celui destiné à être exposé à des températures élevées lors de l'utilisation du  
5 panneau (10).

9. Panneau selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les faces intérieures (21, 31) de la première et de la deuxième pièce sont liées par brasage.

10. Panneau selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les faces intérieures (21, 31) de la première et de la deuxième pièce (20, 30) sont munies de revêtements métalliques liés directement l'un à l'autre.

11. Procédé de fabrication d'un panneau de refroidissement actif (10) comprenant les étapes qui consistent à fournir une première et  
15 une deuxième pièce (20, 30) en matériau composite thermostuctural ayant chacune une face intérieure et une face extérieure opposée à la face intérieure, la face intérieure de l'une au moins des pièces présentant des reliefs en creux formant des canaux (24), et à assembler la première  
20 et la deuxième pièce par liaison des faces intérieures entre elles de manière à obtenir un panneau de refroidissement en matériau composite thermostuctural à canaux de circulation intégrés, caractérisé en ce que l'on munit l'une au moins des première et deuxième pièces (20, 30) d'une couche d'étanchéité (38 ; 62 ; 64 ; 66) située à distance de la face intérieure de la pièce.

25 12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que l'on intègre une couche d'étanchéité (38 ; 62) au sein d'une au moins des première et deuxième pièces, entre la face intérieure et la face extérieure.

13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que l'on réalise l'une au moins des première et deuxième pièces en deux  
30 parties distinctes et on assemble les deux parties avec interposition de la couche d'étanchéité (38 ; 62).

14. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que l'on munit la face extérieure de l'une au moins des première et deuxième pièces d'une couche d'étanchéité (64 ; 66).

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 et 16, caractérisé en ce que l'on assemble le feuillard métallique au matériau composite de la première ou deuxième pièce par pression à chaud.

18. Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que  
5 l'on assemble le feuillard métallique en matériau composite de la première ou deuxième pièce par pressage isostatique à chaud.

19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 18, caractérisé en ce que l'on assemble les faces intérieures de la première et de la deuxième pièce par brasage.

10 20. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 18, caractérisé en ce que l'on forme au moins une couche de revêtement métallique sur les faces intérieures de la première et de la deuxième pièce et on assemble lesdites faces intérieures par pression à chaud.

21. Procédé selon la revendication 20, caractérisé en ce que  
15 l'assemblage desdites faces intérieures est réalisé par pressage isostatique à chaud.

22. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 21, caractérisé en ce que, avant assemblage des faces intérieures de la première et de la deuxième pièce, on réalise un traitement de réduction  
20 de la porosité de surface du matériau composite thermostuctural au niveau d'au moins l'une desdites faces intérieures des pièces.

23. Procédé selon la revendication 22, caractérisé en ce que le traitement de réduction de porosité comprend : l'application à la surface d'au moins l'une desdites faces intérieures des pièces d'une suspension  
25 comprenant une poudre céramique et un précurseur de matériau céramique en solution et la transformation du précurseur en matériau céramique.

24. Procédé selon la revendication 23, caractérisé en ce que le précurseur est un polymère qui est réticulé et transformé en céramique  
30 par traitement thermique.

25. Procédé selon l'une quelconque des revendications 23 et 24, caractérisé en ce que, après transformation du précurseur en matériau céramique, on réalise un dépôt céramique par dépôt ou infiltration chimique en phase vapeur.

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, caractérisé en ce que l'on utilise, pour la couche d'étanchéité (38 ; 62 ; 64 ; 66), un feuillard métallique.

5 16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que l'on utilise un feuillard en un métal choisi parmi le niobium, le nickel, le tantale, le molybdène, le tungstène et le rhénium.

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 et 16, caractérisé en ce que l'on assemble le feuillard métallique au matériau composite de la première ou deuxième pièce par pression à chaud.

10 18. Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que l'on assemble le feuillard métallique en matériau composite de la première ou deuxième pièce (20, 30) par pressage isostatique à chaud.

15 19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 18, caractérisé en ce que l'on assemble les faces intérieures de la première et de la deuxième pièce (20, 30) par brasage.

20. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 18, caractérisé en ce que l'on forme au moins une couche de revêtement métallique sur les faces intérieures de la première et de la deuxième pièce (20, 30) et on assemble lesdites faces intérieures par pression à chaud.

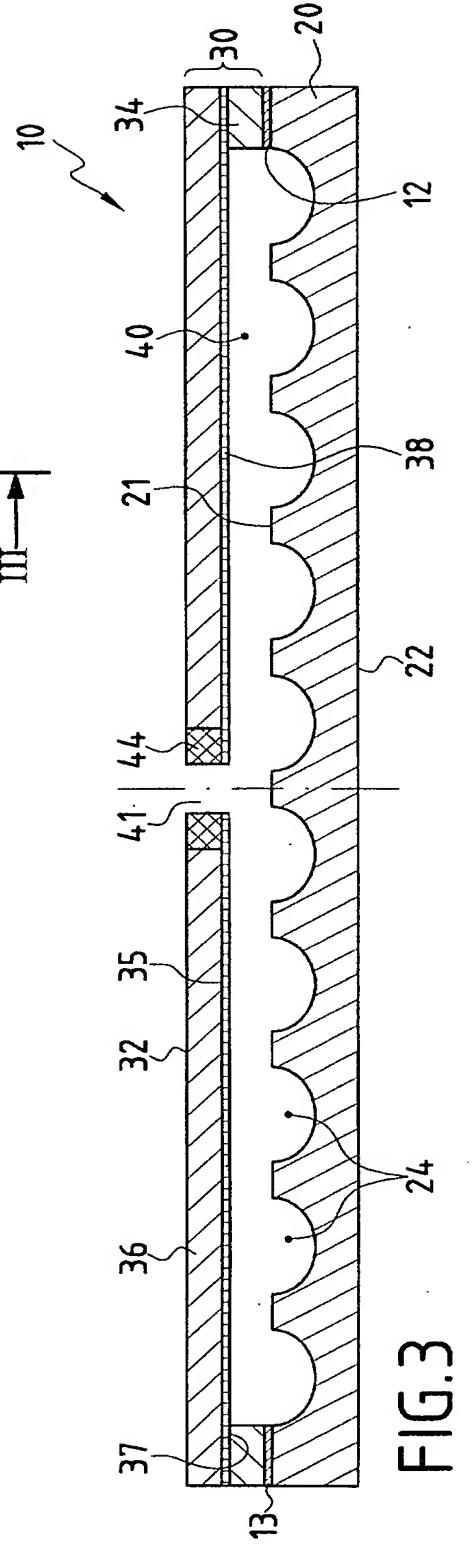
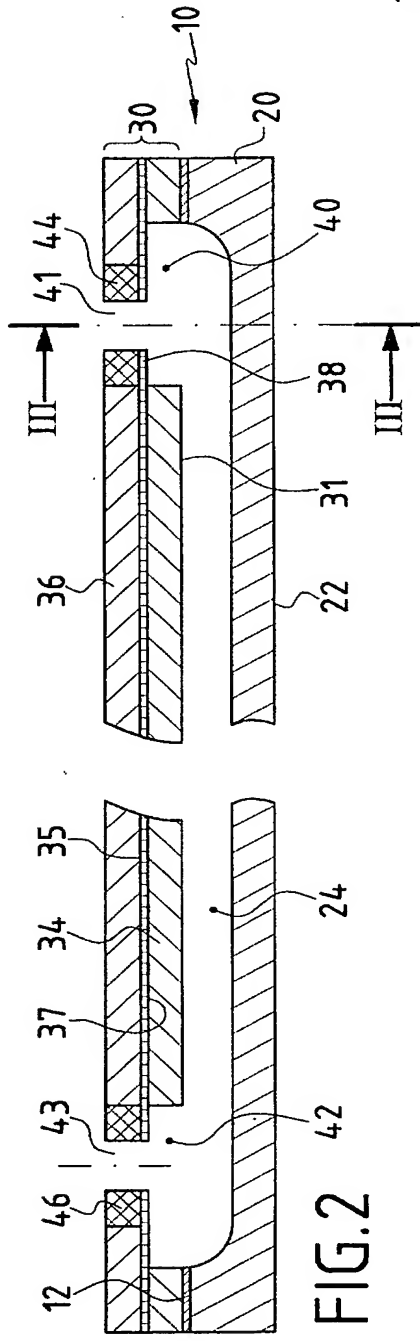
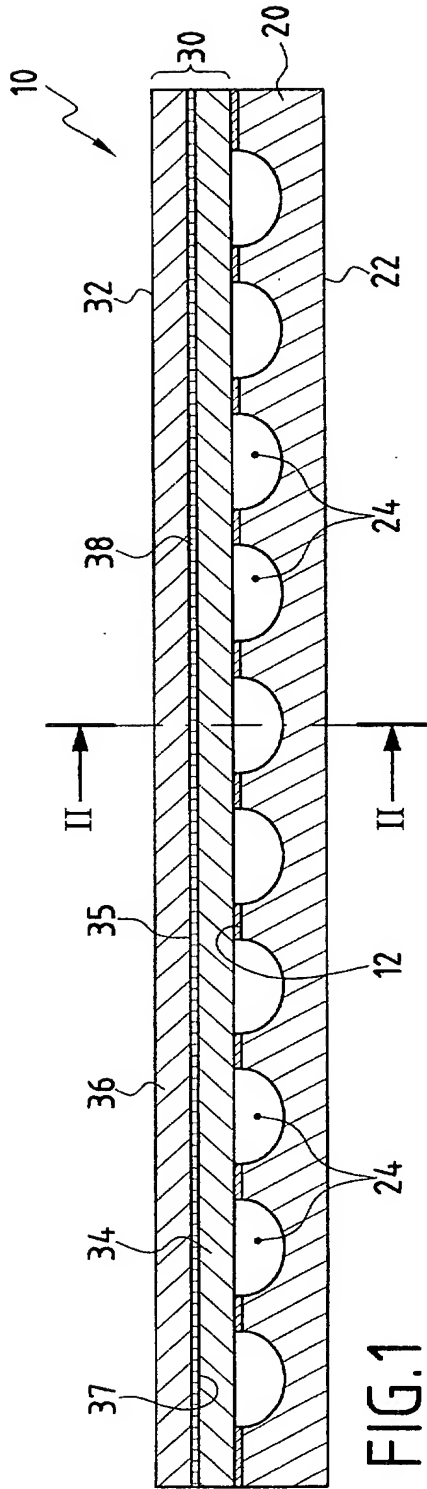
20 21. Procédé selon la revendication 20, caractérisé en ce que l'assemblage desdites faces intérieures est réalisé par pressage isostatique à chaud.

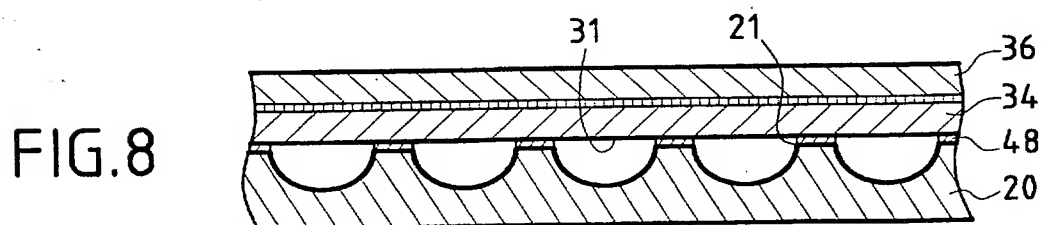
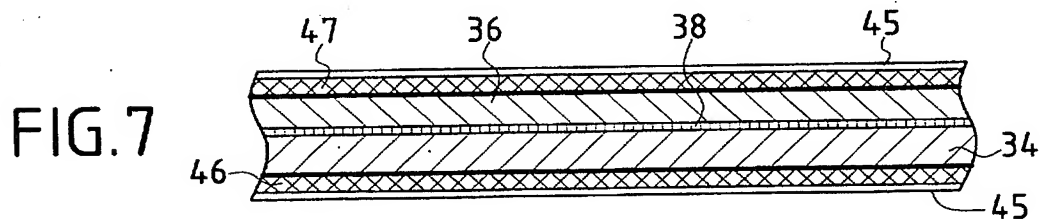
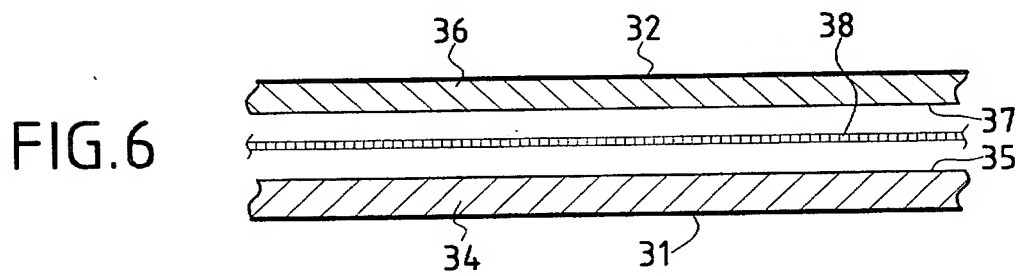
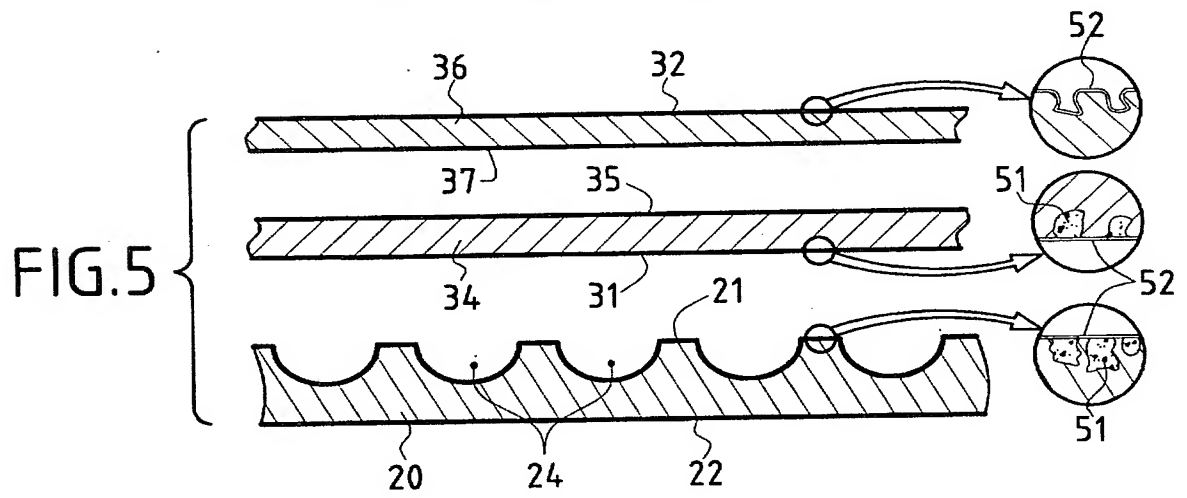
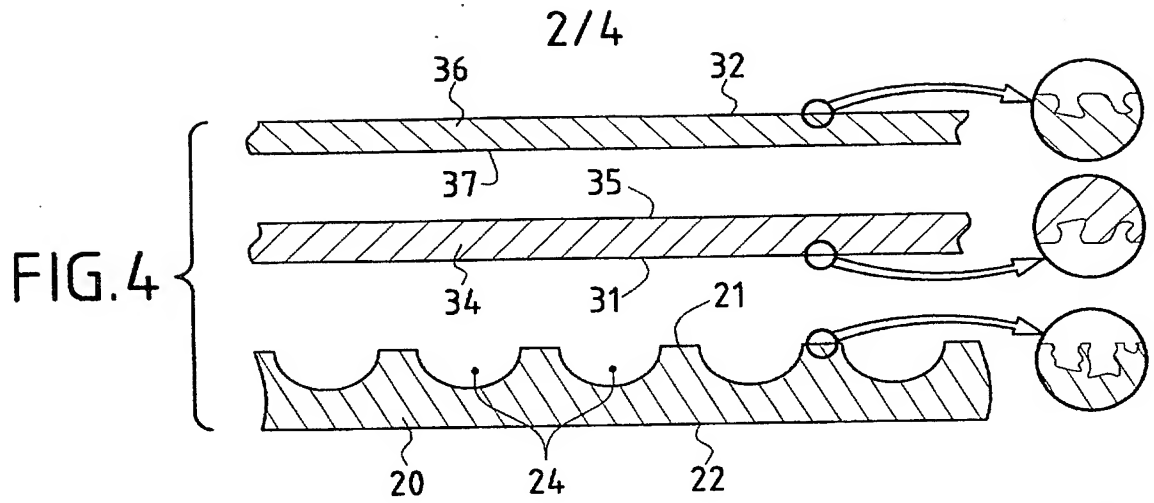
25 22. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 21, caractérisé en ce que, avant assemblage des faces intérieures (21, 31) de la première et de la deuxième pièce (20, 30), on réalise un traitement de réduction de la porosité de surface du matériau composite thermostuctural au niveau d'au moins l'une desdites faces intérieures des pièces.

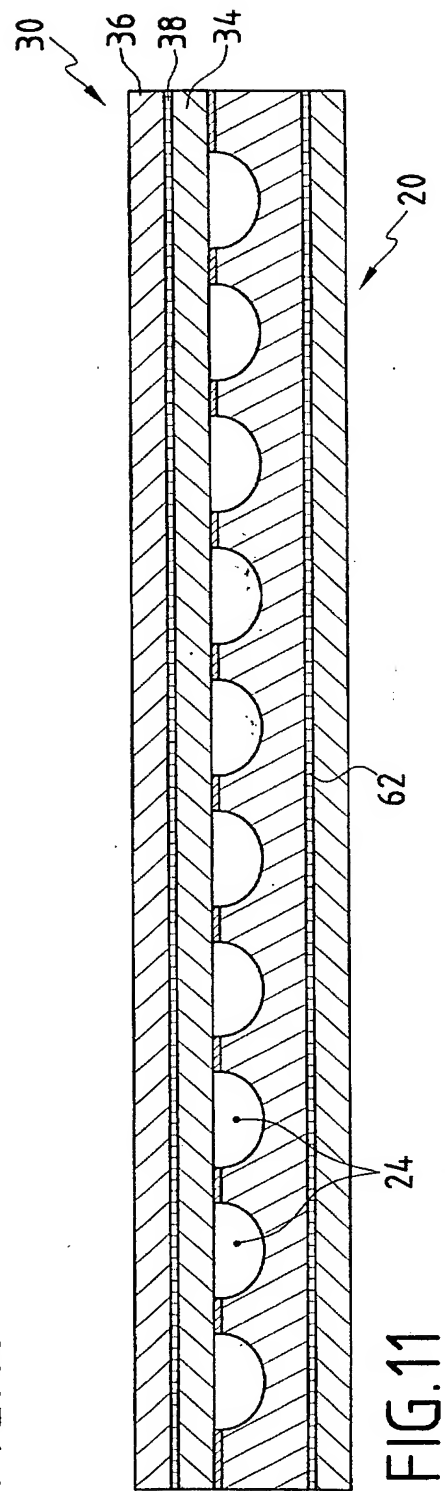
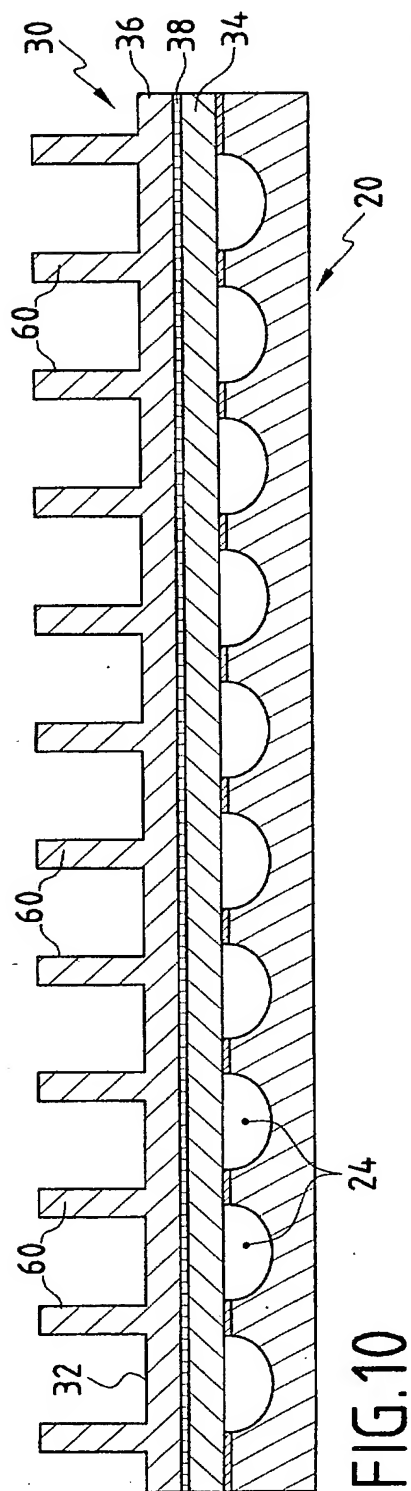
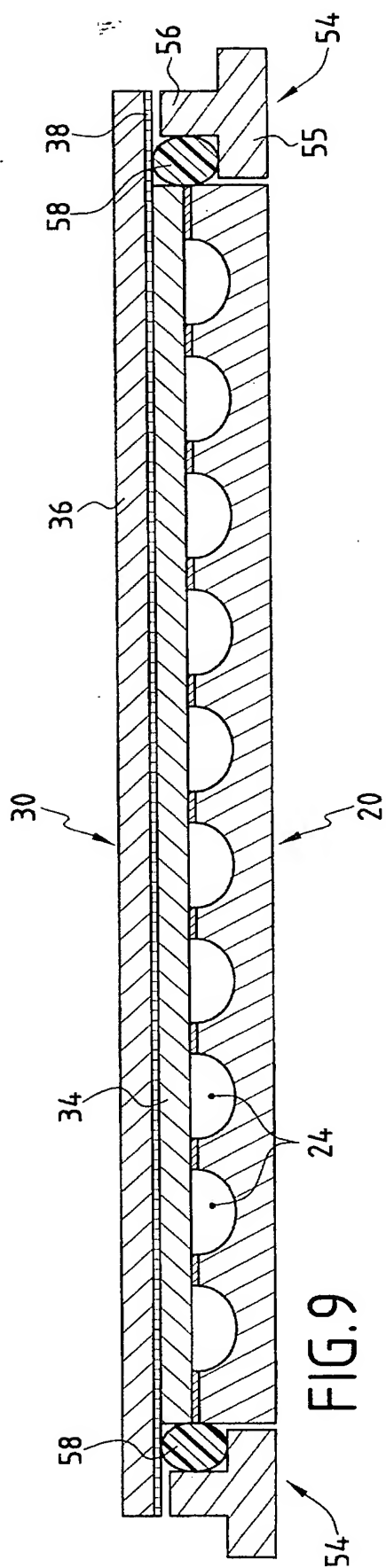
30 23. Procédé selon la revendication 22, caractérisé en ce que le traitement de réduction de porosité comprend : l'application à la surface d'au moins l'une desdites faces intérieures des pièces d'une suspension comprenant une poudre céramique et un précurseur de matériau céramique en solution et la transformation du précurseur en matériau céramique.

24. Procédé selon la revendication 23, caractérisé en ce que le précurseur est un polymère qui est réticulé et transformé en céramique par traitement thermique.

- 5 25. Procédé selon l'une quelconque des revendications 23 et 24, caractérisé en ce que, après transformation du précurseur en matériau céramique, on réalise un dépôt céramique (52) par dépôt ou infiltration chimique en phase vapeur.







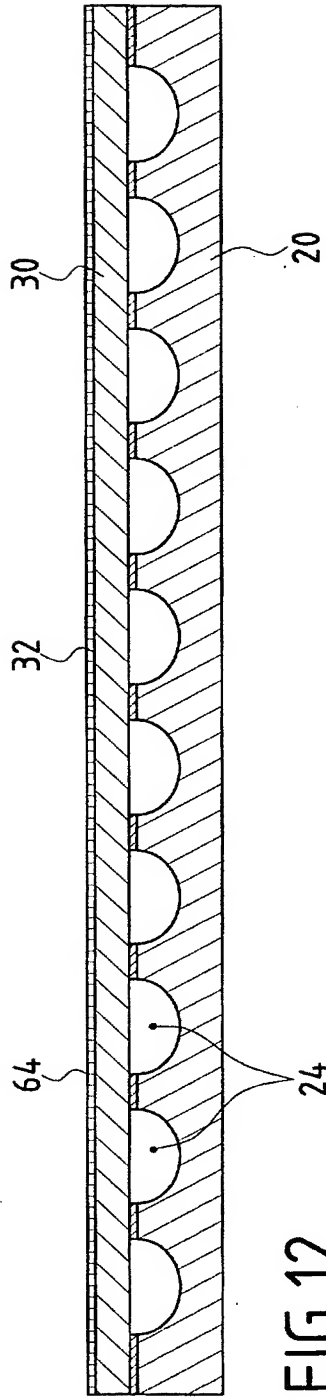


FIG. 12

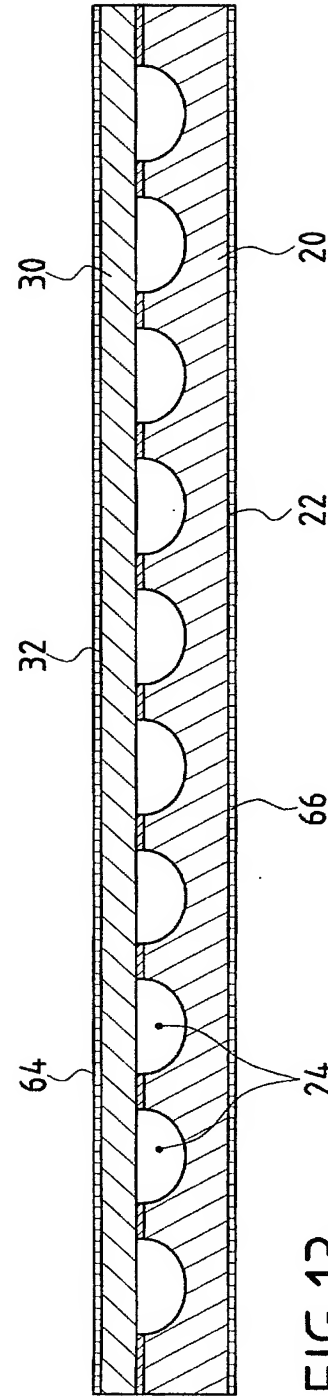


FIG. 13





DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI




DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 2..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

|  |                      |   |              |
|--|----------------------|---|--------------|
| <b>Vos références pour ce dossier</b><br>(facultatif)  |                      | H272700/657FR/JJJ/CED   |              |
| <b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>  |                      | 03 01 041   |              |
| <b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)  |                      |   |              |
| Panneau de refroidissement actif et matériau composite thermostructural et procédé pour sa fabrication   |                      |   |              |
| <b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>  |                      |   |              |
| SNECMA PROPULSION SOLIDE<br>Les Cinq Chemins<br>33187 LE HAILLAN<br>FRANCE   |                      |   |              |
| <b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inv nteurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages). |                      |   |              |
| Nom  |                      | LARRIEU   |              |
| Prénoms  |                      | Jean Michel   |              |
| Adresse  | Rue                  | 1, rue Pierlot  |              |
|  | Code postal et ville | 33460   | MACAU        |
| Société d'appartenance (facultatif)  |                      |   |              |
| Nom  |                      | UHRIG   |              |
| Prénoms  |                      | Gilles  |              |
| Adresse  | Rue                  | 3 Allée Brunaire  |              |
|  | Code postal et ville | 33115   | PYLA SUR MER |
| Société d'appartenance (facultatif)  |                      |   |              |
| Nom  |                      | THEBAULT  |              |
| Prénoms  |                      | Jacques   |              |
| Adresse  | Rue                  | 100, rue Etchenique   |              |
|  | Code postal et ville | 33200   | BORDEAUX     |
| Société d'appartenance (facultatif)  |                      |   |              |
| <b>DATE ET SIGNATURE(S)</b><br><b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b><br><b>OU DU MANDATAIRE</b><br>(Nom et qualité du signataire)   |                      | Le 24 mars 2003<br><br>Jean-Jacques Joly<br>CPI N°92-1123<br><br>cabinet beau de loménie<br>158, Rue de l'Université<br>75340 PARIS CEDEX 07 |              |

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

**DÉPARTEMENT DES BREVETS**26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2. / 2..**

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

|  |                      |   |          |
|--|----------------------|---|----------|
| <b>Vos références pour ce dossier</b><br>(facultatif)  |                      | H272700/657FR/JJJ/CED   |          |
| <b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>  |                      | 03 01 041   |          |
| <b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)  |                      |   |          |
| Panneau de refroidissement actif et matériau composite thermostructural et procédé pour sa fabrication   |                      |   |          |
| <b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>  |                      |   |          |
| SNECMA PROPULSION SOLIDE<br>Les Cinq Chemins<br>33187 LE HAILLAN<br>FRANCE   |                      |   |          |
| <b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages). |                      |   |          |
| Nom  |                      | BOUQUET   |          |
| Prénoms  |                      | Clément   |          |
| Adresse  | Rue                  | 74 Cours Alsace Lorraine  |          |
|  | Code postal et ville | 33000   | BORDEAUX |
| Société d'appartenance (facultatif)  |                      |   |          |
| Nom  |                      |   |          |
| Prénoms  |                      |   |          |
| Adresse  | Rue                  |   |          |
|  | Code postal et ville |   |          |
| Société d'appartenance (facultatif)  |                      |   |          |
| Nom  |                      |   |          |
| Prénoms  |                      |   |          |
| Adresse  | Rue                  |   |          |
|  | Code postal et ville |   |          |
| Société d'appartenance (facultatif)  |                      |   |          |
| Nom  |                      |   |          |
| Prénoms  |                      |   |          |
| Adresse  | Rue                  |   |          |
|  | Code postal et ville |   |          |
| Société d'appartenance (facultatif)  |                      |   |          |
| <b>DATE ET SIGNATURE(S)</b><br><b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b><br><b>OU DU MANDATAIRE</b><br>(Nom et qualité du signataire)   |                      | Le 24 mars 2003<br><br>Jean-Jacques Joly<br>CPI N° 92-1123<br>cabinet hegu de lombard<br>158, Rue de l'Université<br>75010 PARIS CEDEX 07 |          |